

A2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-66763

(P2002-66763A)

(43) 公開日 平成14年3月5日(2002.3.5)

(51) Int.Cl.⁷

B 2 3 K 20/12

識別記号

3 1 0

F I

B 2 3 K 20/12

ターミナル(参考)

3 1 0

4 E 0 6 7

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願2000-264935(P2000-264935)

(22) 出願日

平成12年9月1日(2000.9.1)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 佐山 満

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

(72) 発明者 小林 努

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

(74) 代理人 100064414

弁理士 磯野 道造

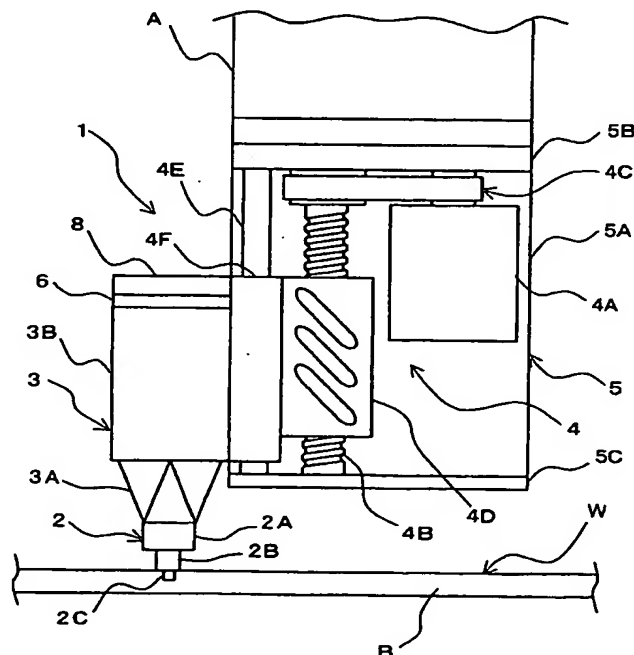
Fターム(参考) 4E067 BG00 CA02 CA04 CA05

(54) 【発明の名称】 摩擦撚拌接合装置

(57) 【要約】

【課題】 板状部材の突合せ接合部に起伏や板厚の変化があっても、その突合せ接合部の表面に回転工具のシャンクを追従させて突合せ接合部に対するプローブの挿入量を一定に維持することができ、特に、加工用ロボットのアームに装着して良好な接合作業を行うことができる摩擦撚拌接合装置を提供する。

【解決手段】 摩擦撚拌接合用の回転工具(2)と、回転工具(2)を装着して回転駆動する回転駆動手段(3)のスピンドルモータ(3B)と、回転駆動手段(3)を装着して回転工具(2)のシャンク(2B)を突合せ接合部(B)の表面に押圧する加圧駆動手段(4)のサーボモータ(4A)と、加圧駆動手段(4)を支持するマウントブラケット(5)とを備えている。そして、突合せ接合部(B)へのシャンク(2B)の押圧力を検出する圧力センサ(6)と、圧力センサ(6)の検出信号に基づいて前記押圧力が所定範囲内となるようにサーボモータ(4A)の駆動を制御する制御手段とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 板状部材の突合せ接合部の表面に当接するシャンクおよび前記突合せ接合部内に挿入されて摩擦回転接触するプローブを有する摩擦撹拌接合用の回転工具と、この回転工具を装着して回転駆動する回転駆動手段と、この回転駆動手段を装着して前記回転工具のシャンクを前記突合せ接合部の表面に押圧する加圧駆動手段と、この加圧駆動手段を支持するマウントブラケットとを備えた摩擦撹拌接合装置であって、前記突合せ接合部の表面に対する前記回転工具のシャンクの押圧力を検出する圧力センサと、この圧力センサの検出信号に基づいて前記押圧力が所定範囲内となるように前記加圧駆動手段の駆動を制御する制御手段とを備えていることを特徴とする摩擦撹拌接合装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載された摩擦撹拌接合装置であって、前記マウントブラケットが加工用ロボットのアームに装着可能に構成されていることを特徴とする摩擦撹拌接合装置。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載された摩擦撹拌接合装置であって、前記加圧駆動手段に前記回転駆動手段を固定して回転工具のシャンクに前記押圧力を付与するマウントプレートとを備え、このマウントプレートと回転駆動手段との間に前記圧力センサが挟持されていることを特徴とする摩擦撹拌接合装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、板状部材の突合せ接合部を回転工具による摩擦熱で軟化させつつ回転工具の進行方向後方に塑性流動させ、その冷却固化により前記突合せ接合部を接合する摩擦撹拌接合装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 比較的に軟質なアルミニウム合金等の板状部材を突き合わせて接合する方法および装置として、特表平 9-508073 号公報に記載された方法および特開平 10-156557 号公報に記載された装置が従来知られている。この種の摩擦撹拌接合方法および装置は、一般に、板状部材より硬い鋼製の回転工具を回転駆動させつつ板状部材の突合せ接合部のラインに沿って移動させることにより、その突合せ接合部を回転工具による摩擦熱で軟化させつつ回転工具の移動方向後方に塑性流動させ、その冷却固化により突合せ接合部を接合することを原理としている。

【0003】 前記のような摩擦撹拌接合装置において、前記回転工具は、板状部材の突合せ接合部の表面に当接するシャンクと、このシャンクから突設されて前記突合せ接合部に挿入されることにより突合せ接合部に摩擦回転接触するプローブとを有する段付き柱状に形成されている。そして、このような回転工具を有する摩擦撹拌接合装置は、通常、前記回転工具をチャックに装着して回

転駆動する電動モータと、この電動モータを装着して前記回転工具のシャンクを板状部材の突合せ接合部の表面に当接させるボールネジ式の位置決め機構などを備えている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、前記した従来の摩擦撹拌接合装置における位置決め機構は、単に、回転工具のシャンクを板状部材の突合せ接合部の表面に当接するように位置決めする機能しか有していない。このため、板状部材の突合せ接合部が平坦でその板厚が一定している場合には、その突合せ接合部に対するプローブの挿入量を一定に保持することができるが、突合せ接合部が平坦でない場合や、その板厚が変化する場合に、その突合せ接合部に対するプローブの挿入量が変化してしまい、その結果、前記突合せ接合部を安定して確実に接合することが困難となる。

【0005】 また、従来の摩擦撹拌接合装置を加工用ロボットのアームに装着し、このアームの駆動により摩擦撹拌接合装置のプローブを板状部材の突合せ接合部のラインに沿って移動させつつその突合せ接合部を接合する場合、前記アームは一般に複数のサーボモータにより駆動される関係で位置復元精度が不安定であるため、アームは前記プローブを所望の高さ位置に保持することが困難となる。従って、この場合にも、前記突合せ接合部に対するプローブの挿入量が変化してしまい、突合せ接合部を安定して確実に接合することが困難となる。

【0006】 そこで、本発明は、板状部材の突合せ接合部に起伏や板厚の変化があっても、その突合せ接合部の表面に回転工具のシャンクを追従させて突合せ接合部に対するプローブの挿入量を一定に維持することができ、特に、加工用ロボットのアームに装着して良好な接合作業を行うことができる摩擦撹拌接合装置を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 前記の課題を解決する手段として、本発明に係る摩擦撹拌接合装置は、板状部材の突合せ接合部の表面に当接するシャンクおよび前記突合せ接合部に挿入されて摩擦回転接触するプローブを有する摩擦撹拌接合用の回転工具と、この回転工具を装着して回転駆動する回転駆動手段と、この回転駆動手段を装着して前記回転工具のシャンクを前記突合せ接合部の表面に押圧する加圧駆動手段と、この加圧駆動手段を支持するマウントブラケットとを備えた摩擦撹拌接合装置であって、前記突合せ接合部の表面に対する前記回転工具のシャンクの押圧力を検出する圧力センサと、この圧力センサの検出信号に基づいて前記押圧力が所定範囲内となるように前記加圧駆動手段の駆動を制御する制御手段とを備えていることを特徴とする。

【0008】 本発明に係る摩擦撹拌接合装置では、回転駆動手段が回転工具を回転駆動し、加圧駆動手段が回転

工具のプロープを板状部材の突合せ接合部に挿入して回転工具のシャンクを突合せ接合部の表面に押圧する。そして、この状態で摩擦撹拌接合装置が板状部材の突合せ接合部のラインに沿って相対移動することにより、回転工具のプロープが突合せ接合部に摩擦回転接触し、その摩擦熱で突合せ接合部を軟化させつつプロープの相対移動方向の後方に塑性流動させ、その冷却固化により突合せ接合部を接合する。

【0009】その際、本発明の摩擦撹拌接合装置においては、板状部材の突合せ接合部の表面に対する回転工具のシャンクの押圧力を圧力センサが検出し、この圧力センサの検出信号に基づいて制御手段が前記押圧力を所定範囲内とするように加圧駆動手段の駆動を制御する。従って、回転工具のシャンクは、板状部材の突合せ接合部に起伏や板厚の変化があっても、その突合せ接合部の表面に追従し、突合せ接合部に対するプロープの挿入量を一定に維持する。

【0010】本発明の摩擦撹拌接合装置において、前記マウントブラケットが加工用ロボットのアームに装着可能に構成されていると、このマウントブラケットを加工用ロボットのアームに装着し、このアームの駆動により回転工具のプロープを板状部材の突合せ接合部に沿って移動させることで、その突合せ接合部を接合することができる。その際、前記板状部材の突合せ接合部に対する回転工具のプロープの挿入量が一定に維持されるため、加工用ロボットは、アームの位置復元精度が不安定であっても、アームを前記突合せ接合部のラインに沿って直線状に駆動すればよい。

【0011】本発明の摩擦撹拌接合装置において、前記加圧駆動手段に前記回転駆動手段を固定して回転工具のシャンクに前記押圧力を付与するマウントプレートを備えていると、このマウントプレートと回転駆動手段との間に前記圧力センサを挟持することができる。この場合、圧力センサとしては、ピエゾ抵抗素子や圧電ポリマーとするのが好ましい。

【0012】なお、本発明の摩擦撹拌接合装置において、前記回転駆動手段は、通常、電動モータを駆動源とするが、油圧モータを駆動源としてもよい。また、加圧駆動手段は、電動モータにより駆動されるボールネジ機構で構成することができるが、リニアアクチュエータ、空圧シリンダ、油圧シリンダ等で構成することもできる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明に係る摩擦撹拌接合装置の実施の形態を説明する。参照する図面において、図1は一実施形態に係る摩擦撹拌接合装置の概略構造を示す側面図、図2は一実施形態に係る摩擦撹拌接合装置を構成する制御装置の機能ブロック図、図3は一実施形態に係る摩擦撹拌接合装置の使用例における作用説明図である。

【0014】図1に示すように、一実施形態に係る摩擦撹拌接合装置1は、例えばアルミニウム合金製の板状部材の突合せ接合部を溶接する装置であり、摩擦撹拌接合用の回転工具2と、この回転工具2を装着して回転駆動する回転駆動手段3と、この回転駆動手段3を装着して前記回転工具2を板状ワークWの突合せ接合部Bの表面に押圧する加圧駆動手段4と、この加圧駆動手段4を支持するマウントブラケット5とを備えている。また、この摩擦撹拌接合装置1は、前記板状ワークWに対する回転工具2の押圧力を検出する圧力センサ6と、この圧力センサ6の検出信号に基づいて前記押圧力が所定範囲内となるように前記加圧駆動手段4の駆動を制御する制御手段7（図2参照）とを備えている。

【0015】前記回転工具2は、アルミニウム合金等からなる前記板状ワークWより硬い材質の鋼製であり、後記のチャックに把持される把持部2Aと、この把持部2Aの先端面に突設されて前記板状ワークWの突合せ接合部Bの表面に押圧されるシャンク2Bと、このシャンク2Bの先端面に突設されて前記突合せ接合部B内に挿入されるプロープ2Cとを有する段付き柱状に形成されている。この回転工具2は、2000～5000rpmの高速度で回転駆動されつつ板状ワークWの突合せ接合部Bのラインに沿って移動することにより、プロープ2Cが突合せ接合部Bを摩擦熱で軟化させつつプロープ2Cの移動方向後方に塑性流動させ、その冷却固化により突合せ接合部Bを接合させる。

【0016】前記回転駆動手段3は、前記回転工具2の把持部2Aを把持するツールチャック3Aと、このツールチャック3Aを回転軸に固定して回転駆動するスピンドルモータ3Bとを備えている。このスピンドルモータ3Bは、ツールチャック3Aと反対側の上端部がマウントプレート8を介して前記加圧駆動手段4に装着される。この場合、スピンドルモータ3Bの上端部は、その上端面とマウントプレート8との間に前記圧力センサ6を圧縮可能な状態に挟持してボルト・ナット等の締結具によりマウントプレート8に固定される。

【0017】前記加圧駆動手段4は、回転軸を上方向に向けて前記マウントブラケット5に固定されたサーボモータ4Aと、マウントブラケット5に上下両端部が回転自在に支持されたボールネジシャフト4Bと、このボールネジシャフト4Bの上端部と前記サーボモータ4Aの回転軸とを伝動構成するベルト伝動機構4Cと、前記ボールネジシャフト4Bに沿って上下移動自在に螺合するボールネジナット4Dと、前記ボールネジシャフト4Bと平行に配置されて上下両端部がマウントブラケット5に固定された直動ベアリングレール4Eと、この直動ベアリングレール4Eに沿って上下移動自在に嵌合し、かつ、前記ボールネジナット4Dに一体に連結された直動ベアリング4Fとを備えている。そして、この直動ベアリング4Fには、前記回転駆動手段3のスピンドルモータ

タ 3 B を固定した前記マウントプレート 8 が固定されている。

【0018】前記マウントブラケット 5 は、前記サーボモータ 4 A を固定する側壁部 5 A と、前記ボールネジシャフト 4 B および直動ベアリングレール 4 E の上下両端部を支持する上壁部 5 B および下壁部 5 C とを有する。そして、この上壁部 5 B が図示しない加工用ロボットのアーム A にボルト・ナットを介して着脱自在に固定される。

【0019】前記圧力センサ 6 は、圧電抵抗素子や圧電ポリマーから成り、少なくとも $300 \sim 700 \text{ kgf}$ の圧力を検出することができる。この圧力センサ 6 は、検出した圧力信号を後記の制御手段 7 に出力する。

【0020】ここで、図 2 に示すように、前記制御手段 7 は、圧力センサ 6 および入力装置 9 からの入力信号に基づいて前記加圧駆動手段 4 のサーボモータ 4 A の回転を制御するため、目標圧力設定部 7 A、フィードバック制御部 7 B、モータ制御信号出力部 7 C およびモータ駆動回路 7 D を備えている。なお、この制御手段 7 は、基本的なハードウェア構成として、前記圧力センサ 6 および入力装置 9 との間の入出力インターフェース I/O、圧力センサ 6 から入力されるアナログ信号をデジタル信号に変換する A/D コンバータの他、各種のデータやプログラムを記憶している ROM (Read Only Memory)、各種のデータ等を一時記憶する RAM (Random Access Memory)、各種の演算処理を行う CPU (Central Processing Unit) 等を備えている。

【0021】前記目標圧力設定部 7 A には、入力装置 9 から板状ワーク W の材質や厚さに応じた目標圧力 P T (例えば 500 kgf) が入力されて保持される。また、フィードバック制御部 7 B には、前記目標圧力設定部 7 A から出力される目標圧力 P T の信号が入力されると共に、前記圧力センサ 6 により検出された実圧力 P のアナログ信号がデジタル信号に変換されて入力される。

【0022】前記フィードバック制御部 7 B は、目標圧力 P T に対する実圧力 P の偏差に対して、比例 (Proportional)、積分 (Integral)、微分 (Differential) の各動作を与えることにより、その偏差を迅速にゼロに収束させるための PID 動作信号 P C を生成し、この PID 動作信号 P C をモータ制御信号出力部 7 C に出力する。

【0023】モータ制御信号出力部 7 C は、フィードバック制御部 7 B からの PID 動作信号 P C に基いて前記サーボモータ 4 A に流す電流をパルス幅変調により制御するための PWM (Pulse Width Modulation) 制御信号 I P を生成し、この PWM 制御信号 I P をモータ駆動回路 7 D に出力する。

【0024】モータ駆動回路 7 D は、モータ制御信号出力部 7 C からの PWM 制御信号 I P に基いて図示しないパワー FET (Field Effect Transistor) のブリッジ

回路をスイッチング駆動することにより、サーボモータ 4 A を所定の極性およびデューティ比の駆動電流によって回転駆動する。

【0025】以上のように構成された一実施形態に係る摩擦撚拌接合装置 1 は、図 3 に示すように、アルミニウム合金製などの板状ワーク W の突合せ接合部 B を接合するため、例えば加工用ロボットのアーム A の先端部にマウントブラケット 5 の上壁部 5 B が装着されて使用される。なお、前記加工用ロボットのアーム A は、複数のサーボモータにより駆動される関係で位置復元精度は必ずしも安定していないが、摩擦撚拌接合装置 1 による接合作業を良好に行うことができる。以下、一実施形態に係る摩擦撚拌接合装置 1 の使用例を説明する。

【0026】まず、摩擦撚拌接合装置 1 の回転工具 2 をスピンドルモータ 3 B によって $2000 \sim 5000 \text{ rpm}$ の高速度で回転させる。この状態で図 3 に示すように、図示しない加工用ロボットの制御によってそのアーム A を板状ワーク W に向けて下降させ、回転工具 2 の下端に突出するブローブ 2 C を板状ワーク W の突合せ接合部 B に挿入し、シャンク 2 B の下端面を突合せ接合部 B の表面に当接させる。その際、突合せ接合部 B にはブローブ 2 C の挿入孔を予め穿設しておくことが好ましいが、挿入孔が穿設されていない場合であっても、ブローブ 2 C は、高速回転による突合せ接合部 B との摩擦熱で突合せ接合部 B を軟化させることができ、軟化した突合せ接合部 B に容易に挿入することができる。

【0027】回転工具 2 のブローブ 2 C が板状ワーク W の突合せ接合部 B に挿入され、その表面にシャンク 2 B の下端面が当接すると、その反力が圧力センサ 6 に作用し、圧力センサ 6 が突合せ接合部 B の表面に対するシャンク 2 B の押圧力を検出する。そこで、制御手段 7 においては、フィードバック制御部 7 B が目標圧力設定部 7 A から入力する目標圧力 P T と、圧力センサ 6 から入力する実圧力 P とに基づき、実圧力 P を例えば 500 kgf に設定された目標圧力 P T に収束させるための PID 動作信号 P C をモータ制御信号出力部 7 C に出力する。そして、モータ制御信号出力部 7 C が所定の PWM 制御信号 I P をモータ駆動回路 7 D に出力し、このモータ駆動回路 7 D がサーボモータ 4 A を所定の極性およびデューティ比の駆動電流によって回転駆動する。

【0028】この制御手段 7 の制御により、摩擦撚拌接合装置 1 においては、サーボモータ 4 A がベルト伝動機構 4 C を介してボールネジシャフト 4 B を正転方向または逆転方向に回転駆動し、ボールネジシャフト 4 B がボールネジナット 4 D と共に直動ベアリング 4 F を直動ベアリングレール 4 E に沿って上昇または下降させ、直動ベアリング 4 F がマウントプレート 8 を介してスピンドルモータ 3 B およびツールチャック 3 A と共に回転工具 2 を上昇または下降させる。こうして、前記圧力センサ 6 により検出される実圧力 P が目標圧力 P T より高い場

合には、回転工具 2 が上昇方向に駆動され、反対に実圧力 P が目標圧力 P T より低い場合には、回転工具 2 が下降方向に駆動されるのであり、実圧力 P が目標圧力 P T に収束するように制御される。

【0029】そこで、図 3 の矢印に示すように、図示しない加工用ロボットの制御によってそのアーム A を板状ワーク W の突合せ接合部 B のラインに沿って移動させる。これにより、摩擦撚拌接合装置 1 は、回転工具 2 のプローブ 2 C が突合せ接合部 B に 100 kg f 程度の進行抵抗で摩擦回転接触し、その摩擦熱で突合せ接合部 B を軟化させつつプローブ 2 C の移動方向の後方に塑性流動させ、その冷却固化により突合せ接合部 B を接合する。

【0030】その際、一実施形態の摩擦撚拌接合装置 1 においては、板状ワーク W の突合せ接合部 B の表面に対する回転工具 2 のシャンク 2 B の押圧力を圧力センサ 6 が検出し、この圧力センサ 6 の検出信号に基づいて制御手段 7 が前記押圧力を例えば 500 kg f 前後の所定範囲内とするようにサーボモータ 4 A の駆動を制御する。従って、回転工具 2 のシャンク 2 B は、板状ワーク W の突合せ接合部 B に起伏や板厚の変化があっても、その突合せ接合部 B の表面に追従し、突合せ接合部 B に対するプローブ 2 C の挿入量を一定に維持する。従って、一実施形態の摩擦撚拌接合装置 1 によれば、板状ワーク W の突合せ接合部 B を安定して確実に接合することができる。

【0031】また、一実施形態の摩擦撚拌接合装置 1 においては、板状ワーク W の突合せ接合部 B に対する回転工具 2 のプローブ 2 C の挿入量が一定に維持されるため、図示しない加工用ロボットのアーム A は、その位置復元精度が不安定であっても、突合せ接合部 B のラインに沿って平面内を直線状に移動させるだけでよく、アーム A の駆動制御を簡便に行うことができる。

【0032】

【発明の効果】本発明に係る摩擦撚拌接合装置では、板状部材の突合せ接合部の表面に対する回転工具のシャンクの押圧力を圧力センサが検出し、この圧力センサの検出信号に基づいて制御手段が前記押圧力を所定範囲内とするように加圧駆動手段の駆動を制御する。このため、回転工具のシャンクは、板状部材の突合せ接合部に起伏や板厚の変化があっても、その突合せ接合部の表面に追従し、突合せ接合部に対するプローブの挿入量を一定に維持する。従って、本発明の摩擦撚拌接合装置によれば、板状部材の突合せ接合部を安定して確実に接合することができる。

【0033】本発明の摩擦撚拌接合装置において、前記マウントブラケットが加工用ロボットのアームに装着可能に構成されている場合、このマウントブラケットを加工用ロボットのアームに装着し、このアームの駆動により回転工具のプローブを板状部材の突合せ接合部に沿って移動させることで、その突合せ接合部を接合することができる。その際、前記板状部材の突合せ接合部に対する回転工具のプローブの挿入量が一定に維持されるため、加工用ロボットは、アームの位置復元精度が不安定であっても、アームを前記突合せ接合部のラインに沿って直線状に駆動すればよく、板状部材の突合せ接合部を効率的に、しかも安定して確実に接合することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態に係る摩擦撚拌接合装置の概略構造を示す側面図である。

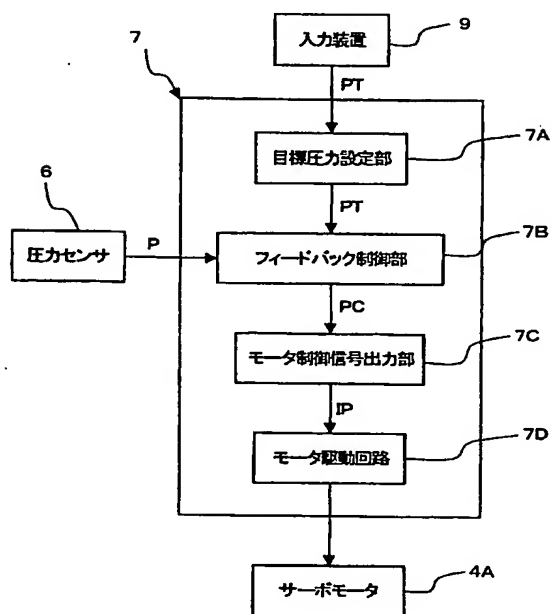
【図 2】一実施形態に係る摩擦撚拌接合装置を構成する制御装置の機能ブロック図である。

【図 3】一実施形態に係る摩擦撚拌接合装置の使用例における作用説明図である。

【符号の説明】

- 1 : 摩擦撚拌接合装置
- 2 : 回転工具
- 2 A : 把持部
- 2 B : シャンク
- 2 C : プローブ
- 3 : 回転駆動手段
- 3 A : ツールチャック
- 3 B : スピンドルモータ
- 4 : 加圧駆動手段
- 4 A : サーボモータ
- 4 B : ボールネジシャフト
- 4 C : ベルト伝動機構
- 4 D : ボールネジナット
- 4 E : 直動ベアリングレール
- 4 F : 直動ベアリング
- 5 : マウントブラケット
- 6 : 圧力センサ
- 7 : 制御手段
- 7 A : 目標圧力設定部
- 7 B : フィードバック制御部
- 7 C : モータ制御信号出力部
- 7 D : モータ駆動回路
- 8 : マウントプレート
- 9 : 入力装置

【図 2】



【図 3】

